

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①⑫ Offenlegungsschrift
①⑪ DE 3413849 A1

⑤① Int. Cl. 4:
G01 R 27/26

②① Aktenzeichen: P 34 13 849.8
②② Anmeldetag: 12. 4. 84
④③ Offenlegungstag: 22. 8. 85

DE 3413849 A1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①
21.02.84 DE 34 06 258.0

⑦① Anmelder:
Lüderitz, Dietrich, 8891 Obergriesbach, DE

⑦④ Vertreter:
Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann,
H., Dipl.-Ing.; Grams, K., Dipl.-Ing.; Struif, B.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Patentamt

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Kapazitäts-Meßgerät

Das beschriebene Kapazitäts-Meßgerät ermöglicht durch
die vorgesehene Ladestromstoßintegration eine von Stör-
kapazitäten unbeeinflusste Kapazitätsmessung.

DE 3413849 A1

3413849

Bavariaring 4, Postfach 20 24
8000 München 2
Tel.: 0 89 - 53 96 53
Telex: 5-24 845 tipat
Telecopier: 0 89 - 537377
cable: Germaniapatent Münch

12. April 1984

DE 3707

Patentansprüche

1. Kapazitäts-Meßgerät, bei dem die zu messende Kapazität einmal oder vorzugsweise n-mal über eine Schalteranordnung mit einer vorzugsweise einen Integrator aufweisenden Auswerteschaltung und einer Bezugsspannungsquelle verbindbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messende Kapazität (C_x) über die Schalteranordnung (S1, S2) in Reihe zwischen die Bezugsspannungsquelle und die Auswerteschaltung (A1, C_i) geschaltet ist.

2. Kapazitäts-Meßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalteranordnung (S1, S2) zwei Schalter aufweist, zwischen die die zu messende Kapazität (C_x) geschaltet ist.

3. Kapazitäts-Meßgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zu messende Kapazität (C_x) über einen ersten der beiden Schalter in dessen erster Schalterstellung mit der Bezugsspannungsquelle und in dessen zweiter Schalterstellung mit Massepotential sowie über den zweiten Schalter (S2) in dessen erster Schalterstellung mit der Auswerteschaltung (A1, C_i),

1 insbesondere mit dem Integrator, und in dessen zweiter
Schalterstellung mit Massepotential verbindbar ist.

5 4. Kapazitäts-Meßgerät nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schalter synchron
im Gleichtakt betrieben werden und die zu messende
Kapazität (C_x) periodisch kurz schließen.

10 5. Kapazitäts-Meßgerät nach einem der Ansprüche
2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schalter
synchron im Gegentakt betrieben werden.

15 6. Kapazitäts-Meßgerät nach einem der Ansprüche 2
bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schalter
durch MOS-Schalter, insbesondere durch MOS-FETs gebildet
sind.

20 7. Kapazitäts-Meßgerät nach einem der Ansprüche 2
bis 6, gekennzeichnet durch einen Mikroprozessor zur
Steuerung der n-fachen Betätigung der Schalter und zur
Auswertung der Meßergebnisse.

25

30

35

3413849

-3-

Dietrich Lüderitz

8891 Obergriesbach

Patentanwälte und
Vertreter beim EPA
Dipl.-Ing. H. Tiedtke
Dipl.-Chem. G. Bühling
Dipl.-Ing. R. Kinne
Dipl.-Ing. P. Grupe
Dipl.-Ing. B. Pellmann
Dipl.-Ing. K. Grams
Dipl.-Chem. Dr. B. Struif



Bavariaring 4, Postfach 2024
8000 München 2
Tel.: 089 - 539653
Telex: 5-24845 tipat
Telecopier: 089 - 537377
cable: Germanipatent Münch
12. April 1984
DE 3707

Kapazitäts-Meßgerät

Die Erfindung betrifft ein Kapazitäts-Meßgerät gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 entsprechendes Kapazitäts-Meßgerät ist in Fig. 1 dargestellt. Mit dem Bezugszeichen C_x ist die zu messende unbekannte Kapazität bezeichnet, die zwischen Massepotential und einen Anschluß eines Schalters S1 geschaltet ist. Der Schalter S1 ist zwischen zwei Schaltstellungen periodisch umschaltbar und verbindet in der in Fig. 1 gezeigten Stellung die Kapazität C_x mit einem Anschluß des Meßgeräts, an dem eine konstante bekannte Spannung U_{ref} anliegt, so daß sich die Kapazität C_x auf die Spannung U_{ref} auflädt. Beim Umschalten des Schalters S1 in die andere Schaltstellung wird die zu messende Kapazität C_x mit dem Eingang eines Integrators verbunden, der aus einem Operationsverstärker A1 und einem diesem parallel geschalteten Kondensator C_i bekannter Größe besteht. In dieser Schaltstellung

1 entlädt sich die zuvor auf die Bezugsspannung U_{ref} aufgeladene Kapazität C_x in den Integrator, wobei die in der Kapazität C_x gespeicherte Ladung auf den Kondensator C_i übergeht.

5 Zur Erhöhung der Genauigkeit und Auflösung wird dieser Meßschritt durch periodisches Umschalten des Schalters S1 n-mal wiederholt, so daß die am Ausgang des Integrators abgegriffene Spannung U_a den Wert

10

$$U_a = -U_{ref} \cdot \frac{C_x}{C_i} \cdot n$$

annimmt. Parallel zum Kondensator C_i ist ein Schalter S0 geschaltet, der zu Beginn jedes aus n Meßschritten bestehenden Meßzyklus kurzzeitig geschlossen wird und eine vollständige Entladung des beispielsweise durch einen vorhergehenden Meßzyklus noch aufgeladenen Kondensators C_i sicherstellt.

20 Bei einer derartigen Meßmethode tritt allerdings das Problem auf, daß der zu messenden Kapazität C_x in aller Regel Störkapazitäten überlagert sind, die in Fig. 1 zu einer der Kapazität C_x parallel geschalteten Störkapazität C_s zusammengefaßt sind. Ist diese Störkapazität C_s konstant bzw. mitteln sich eventuell vorhandene Instabilitäten durch die Mittelwertbildung bei der n-fachen Integration weitestgehend aus, so können die durch die Störkapazität C_s hervorgerufenen Meßfehler durch eine einfache Eichmessung berücksichtigt werden.

30 Die durch die Störkapazität C_s hervorgerufenen Meßfehler lassen sich jedoch dann nicht mehr kompensieren, wenn die Störkapazität C_s relativ groß und instabil ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn der Meßort räumlich weit entfernt vom Schalter S1 liegt, da dann die

35

1 Störkapazität C_s überwiegend durch die Kabelkapazität
bestimmt ist, die bei eventuellen Kabelverbiegungen
starken Schwankungen unterliegen kann. Solche Verhält-
nisse können z. B. vorliegen, wenn kapazitive Bauelemente
5 während ihres Transports mittels eines Greifarms gemes-
sen werden sollen. Insbesondere bei Bauelementen geringer
Kapazität sind die Meßfehler in einem solchen Fall der-
art groß, daß keine zuverlässigen Meßergebnisse erziel-
bar sind.

10 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Kapa-
zitäts-Meßgerät gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs
1 derart auszugestalten, daß eine zuverlässige Messung
auch geringer Kapazitäten ermöglicht ist.

15 Diese Aufgabe wird mit den im kennzeichnenden Teil des
Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Kapazitäts-Meßgerät ist die
20 zu messende Kapazität somit über die Schalteranordnung
in Reihe zwischen die Bezugsspannungsquelle und den
Integrator geschaltet, so daß die bei Betätigung der
Schalteranordnung auftretenden Kapazitäts-Ladeströme
durch den Integrator erfaßt werden. Da die Störkapazitä-
25 ten nunmehr nicht länger parallel zu der zu messenden
Kapazität liegen, sind ihre Auswirkungen drastisch
verringert, so daß eine zuverlässige Kapazitätsmessung
über einen sehr großen Kapazitätsbereich bis hin zu
sehr geringen Kapazitäten ermöglicht ist.

30 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand
der Unteransprüche.

So ist beispielsweise mit den Ausgestaltungen gemäß den
35 Patentansprüchen 2 und 3 sichergestellt, daß die zwischen

1 den Anschlüssen der zu messenden Kapazität und Masse-
potential wirksamen Störkapazitäten über die Schalter-
anordnung zeitweilig kurzgeschlossen, d. h. vollständig
entladen werden können.

5 Mit der Weiterbildung gemäß Patentanspruch 4 wird eine
völlige Neutralisierung der beispielsweise durch Kabel-
kapazitäten gebildeten Störkapazitäten erreicht.

10 Die Ausgestaltung des Kapazitäts-Meßgeräts gemäß Patent-
anspruch 5 stellt zudem sicher, daß nicht nur Störkapa-
zitäten völlig neutralisiert sind, sondern auch gegebenen-
falls vorhandene, parallel zur zu messenden Kapazität
15 liegende Widerstände keinerlei Meßverfälschungen hervor-
rufen. Damit können nicht nur die Auswirkungen eines
gegebenenfalls vorhandenen Isolationswiderstands voll-
ständig unterdrückt werden, sondern es ist nunmehr auch
eine Kapazitätsmessung bei mit Parallelwiderständen ver-
sehenen Schaltungen möglich.

20 Mit der Ausgestaltung des Kapazitäts-Meßgeräts nach
Patentanspruch 6 wird erreicht, daß die Schaltvorgänge
sehr rasch und zuverlässig bei sehr geringer Leistungs-
aufnahme erfolgen können, so daß in äußerst kurzer Zeit
25 eine sehr große Anzahl von Messungen wiederholbar ist,
d. h. äußerst rasch zuverlässige Meßergebnisse bereit-
gestellt sind.

Das erfindungsgemäße Kapazitäts-Meßgerät ermöglicht
30 bei geeigneter Wahl der Bezugsspannung, des Integrations-
kondensators und der Anzahl n der Messungen die Messungen
von Kapazitäten im Bereich von 0,01 pF bis mehr als
10 μ F mit einer Genauigkeit von 2 % bei einer Meßzeit
von weniger als 100 ms, selbst wenn Koaxial-Kabel von
35 mehreren Metern Länge als Meßleitungen verwendet werden.

1 Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungs-
beispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher be-
schrieben. Es zeigen:

5 Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel des Kapazitäts-
Meßgeräts und

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel des Kapazitäts-
Meßgeräts.

10

Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel des Ka-
pazitäts-Meßgeräts ist die zu messende Kapazität C_x in
Reihe zwischen eine die Bezugsspannung U_{ref} bereitstellen-
de, mit dem in Fig. 2 linksseitig dargestellten Eingangs-
15 anschuß verbundene Bezugsspannungsquelle und den aus
dem Operationsverstärker A1 und dem zwischen dessen Ein-
gang und Ausgang geschalteten Integrationskondensator
 C_i gebildeten Integrator geschaltet, an dessen Ausgang
die Meßspannung U_a auftritt. Der dem Integrationskonden-
20 sator C_i parallel geschaltete Schalter S0 wird wie
bei dem in Fig. 1 gezeigten Meßgerät zu Beginn jedes
Meßzyklus kurzzeitig geschlossen, um eine vollständige
anfängliche Entladung des Integrationskondensators C_i
sicherzustellen, und verbleibt nachfolgend für den
25 gesamten Meßzyklus im geöffneten Zustand.

Die zu messende Kapazität C_x ist über einen Schalter S1
in dessen erster Schalterstellung mit der Bezugsspannungs-
quelle und in dessen zweiter Schalterstellung mit Masse-
30 potential sowie über einen Schalter S2 in dessen erster
Schalterstellung mit dem Eingang des Integrators und in
dessen zweiter Schalterstellung mit Massepotential ver-
bindbar. Die eine Schalteranordnung bildenden Schalter
S1 und S2 werden bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausfüh-
35 rungsbeispiel synchron im Gleichtakt umgeschaltet, der-

1 art, daß vor Beginn der Messung beide Schalter S1, S2
auf Massepotential geschaltet sind. Damit sind nicht nur
die zwischen die beiden Schalter S1, S2 geschaltete zu
messende Kapazität C_x , sondern in gleicher Weise auch die
5 beispielsweise durch Kabelkapazitäten hervorgerufenen
Störkapazitäten C_{s1} und C_{s2} kurzgeschlossen, die zwischen
den beiden Anschlüssen der Kapazität C_x und Masse stö-
rend auftreten.

10 Zu Beginn der Messung werden die beiden Schalter S1 und
S2 synchron umgeschaltet, so daß die zu messende Kapa-
zität C_x nunmehr in Reihe mit der Bezugsspannungsquelle
und dem Integratoreingang liegt. Dabei wird der in seiner
15 Größe bekannte Integrationskondensator C_i von dem durch
die zu messende Kapazität C_x fließenden Ladestrom auf-
geladen. Hierbei wirkt sich die Streu- bzw. Störkapazi-
tät C_{s2} nicht störend aus, da sie parallel zum virtuell
auf 0 liegenden Operationsverstärkereingang liegt.

20 Selbst wenn der Operationsverstärker A1 nicht ausreichend
rasch auf den Ladestromstoß reagieren kann, tritt die
Störkapazität C_{s2} nicht störend in Erscheinung, da sie
dann zwar vorübergehend aufgeladen wird, ihre Ladung
aber nach Einregelung des Operationsverstärkers A1 wieder
25 abgebaut wird. Damit wirkt die Störkapazität C_{s2} allen-
falls vorübergehend als Zwischenspeicher, ohne die Mes-
sung zu verfälschen.

30 Der von der Störkapazität C_{s1} geführte Ladestrom fließt
nach Masse ab und beeinflusst die Messung somit ebenfalls
nicht.

Somit haben die vorhandenen Streu- bzw. Störkapazitäten
keinerlei Auswirkungen auf die Messung, so daß eine
35 durch Störkapazitäten hervorgerufene Meßergebnisverfäl-

- 1 schung zuverlässig vermeidbar, d. h. eine exakte Messung
der Kapazität C_x sichergestellt ist.

- Wird dieser Umschaltvorgang bei geöffnetem Schalter S0
5 n-mal wiederholt, so gilt für die Ausgangsspannung U_a
folgende Beziehung:

$$U_a = -U_{\text{ref}} \cdot \frac{C_x}{C_i} \cdot n$$

- 10 Die Ausgangsspannung U_a stellt folglich ein zuverlässiges
Maß für die zu messende Kapazität C_x dar und kann in
äußerst einfacher Weise nachfolgend auf bekannte Weise
verarbeitet werden.

- 15 Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel können
allerdings trotz sehr guter Störkapazitätsunterdrückung
Meßveränderungen dann auftreten, wenn der zu messenden
Kapazität C_x ein Widerstand R_x parallel geschaltet ist.
20 Dieser Widerstand kann beispielsweise durch einen Isola-
tions- oder Leckwiderstand hervorgerufen werden oder
aber z. B. bei der Messung von RC-Gliedern dem Parallel-
widerstand entsprechen.

- 25 Bei Vorhandensein eines derartigen, der zu messenden Ka-
pazität C_x parallel liegenden Widerstands R_x ergibt sich
eine der folgenden Gleichung entsprechende veränderte
Ausgangsspannung U_a :

30
$$U_a = -U_{\text{ref}} \cdot n \left(\frac{C_x}{C_i} + \frac{t_a}{C_i \cdot R_x} \right).$$

- Hierbei bezeichnet t_a die Ladezeit. Bei bekanntem Wider-
stand R_x läßt sich der widerstandsabhängige additive
Spannungsterm zwar durch eine entsprechende Spannungs-
35 oder Auswertungskompensation kompensieren, jedoch schei-

1. tert dies bei unbekanntem Widerstand R_x .

5 Mit dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel des
Kapazitäts-Meßgeräts lassen sich nicht nur die Stör-
kapazitäten, sondern auch die Auswirkungen eines derar-
10 tigen Widerstands R_x eliminieren. Dieses Ausführungs-
beispiel entspricht dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungs-
beispiel in allen Einzelheiten mit der einzigen Ausnahme,
daß die Schalter S1 und S2 synchron im Gegentakt, d. h.
gegenphasig angesteuert werden.

Die beiden Schalter S1 und S2 befinden sich vor Beginn des Meßzyklus in der in Fig. 3 gezeigten Stellung. Zu Beginn der Messung werden die Schalter S1, S2 synchron umgeschaltet, so daß der in Fig. 3 links gezeigte Anschluß der Kapazität C_x mit der Bezugsspannung gespeist wird, während der andere Kapazitätsanschluß auf Masse liegt. Während dieser anfänglichen Ladephase liegen somit die zu messende Kapazität C_x , der Widerstand R_x und die Störkapazität C_{s1} parallel zur Bezugsspannungsquelle, während die Störkapazität C_{s2} kurz geschlossen ist. Dabei ist der durch den Widerstand R_x fließende Strom nicht störend, sondern stellt lediglich eine geringfügige Last für die Bezugsspannungsquelle dar. Während der durch anschließendes Umschalten der Schalter S1, S2 eingeleiteten Entladephase liegen die Kapazität C_x , der Widerstand R_x und die Störkapazität C_{s2} dann parallel zu dem virtuell auf Null liegenden Eingang des Operationsverstärkers A1, während nunmehr die Störkapazität C_{s1} kurz geschlossen ist. Der Widerstand R_x bewirkt hierbei keinerlei Meßverfälschungen, unter der in aller Regel erfüllten Voraussetzung, daß der Widerstand R_x sehr viel größer ist als der virtuelle Operationsverstärkereingangswiderstand $R_{virtuell}$. Hierbei sind die Bezugsspannung U_{ref} und die Ausgangsspannung U_a phasengleich. Werden die Schalter

1 S1 und S2 n-mal betätigt, gilt

$$U_a = U_{ref} \cdot \frac{C_x}{C_i} \cdot n.$$

5 Vorteilhafterweise sind die Schalter S1, S2 und S0 bei den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen durch MOS-Schalter, insbesondere durch MOS-Feldeffekttransistoren gebildet. Diese Schalter können in besonderer Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft durch einen Mikroprozessor
10 gesteuert werden, der auch die Auswertung übernimmt. Die bei n-facher Wiederholung der Messung erforderliche Integration kann auch durch andere geeignete Bauteile erfolgen.

15 Das in Fig. 3 gezeigte Ausführungsbeispiel des Kapazitäts-Meßgeräts eignet sich insbesondere auch zur Messung von Chip-Schaltungen mit eingehautem Parallel-Widerstand, da derartige Parallel-Widerstände keinerlei störende Auswirkungen auf das Meßergebnis zeigen. Die Schalterbetätigung erfolgt vorzugsweise n-mal, so daß der periodische Ladestromstoß der zu messenden Kapazität C_x dem
20 Eingang des Integrators bzw. Integrator-Verstärkers n-fach zugeführt wird.

25

30

35

- 12 -
- Leerseite -

Nummer:
 Int. Cl.³:
 Anmeldetag:
 Offenlegungstag:

34 13 849
 G 01 R 27/26
 12. April 1984
 22. August 1985

